

⑤ Int. Cl. 3 = Int. Cl. 2

Int. Cl. 2:

F 16 C 33/66

F 16 C 33/32

F 16 C 33/62

H 01 J 35/10

⑱ **BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND**

DEUTSCHES PATENTAMT



DE 29 42 265 A 1

⑪

Offenlegungsschrift 29 42 265

⑫

Aktenzeichen:

P 29 42 265.9-12

⑬

Anmeldetag:

19. 10. 79

⑭

Offenlegungstag:

17. 7. 80

⑮

Unionspriorität:

⑯ ⑰ ⑱

25. 10. 78 Japan P 53-132041

②

Bezeichnung:

Lager mit niedriger Reibung

⑦

Anmelder:

Koyo Seiko Co., Ltd., Osaka (Japan)

⑧

Vertreter:

Stach, H., Dipl.-Chem. Dr., Pat.-Anw., 2000 Hamburg

⑨

Erfinder:

Kakumoto, Ken-ichi, Osaka; Fujita, Yoshiki, Nara (Japan)

Prüfungsantrag gem. § 28 b PatG ist gestellt

⑥ 7. 80 030 029/521

8/80

BEST AVAILABLE COPY

DE 29 42 265 A 1

Aktenzeichen: Neuanmeldung

Anmelderin: Koyo Seiko Company Limited

PATENTANSPRÜCHE

- 1) Reibungsarme Lager mit Rollelementen und einer Roll- oder Gleitreibung unterworfenen Metallteilen, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens einige Rollenelemente mit wenigstens einer durch Ionenplattierung aufgetragenen Metallzwischen-schicht und einer auf diese durch Ionenplattierung aufgetragenen Außenschicht aus weichem Metall mit Schmier-eigenschaften beschichtet sind, wobei die Festzustandslös-lichkeit des Metalls der Zwischenschicht in jedem benach-barten Metall höher ist als die Festzustandslöslichkeit des weichen Metalls im Metall des Rollelements.
- 2) Lager nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zu den Metallteilen ein Käfig, ein innerer und ein äußerer Lauf-ring sowie rollende Elemente gehören.
- 3) Lager nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Me-tallteile einen inneren und einen äußeren Ring sowie rol-lende Elemente umfassen.
- 4) Lager nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Me-tallteile aus einer Eisenlegierung, die Zwischenschicht aus Nickel und die oberste Schicht aus Gold und/oder Silber bestehen.
- 5) Lager nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch ge-kennzeichnet, daß die Metallteile aus einer Eisenlegierung hergestellt sind und die Rollelemente mit einer unteren Zwischenschicht aus Nickel und einer oberen Zwischenschicht aus Kupfer versehen sind, und als oberste Schicht Gold und/oder Silber vorgesehen ist.

030029/0521

- 6) Lager nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Rollelemente Kugeln oder Rollen sind.
- 7) Lager nach einem der vorhergenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß abwechselnd mit den beschichteten Rollelementen unbeschichtete Rollelemente angeordnet sind.

Aktenzeichen: Neuanmeldung

Anmelderin: Koyo Seiko Company Limited, Osaka / Japan.

Lager mit niedriger Reibung

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf ein Lager mit niedriger Reibung, mit Metallteilen, die einer Roll- oder Gleitreibung unterworfen sind. Solche Lager sind beispielsweise dazu ausgelegt, bei Unterdruck oder im Vakuum verwendet zu werden, beispielsweise in einer Röntgenröhre mit rotierender Anode, in Vakuumverdampfer- vorrichtungen oder ähnlichen Vakuumapparaten oder in Vorrichtungen, die für die Raumfahrt bestimmt sind.

Lager, die in einem Vakuum verwendet werden, bringen Schwierigkeiten bezüglich der Schmierung mit Öl oder Fett mit sich, so daß bisherige Lagerkomponenten, beispielsweise Roll- oder Wälzelemente, mit einer festen Schicht aus einem Metall mit Schmiereigenschaften beschichtet sind, oder mit Molybdädisulfid oder einem ähnlichen Schmiermittel, um die Oberfläche, die der Rollreibung oder der Gleitreibung unterworfen ist, zu schmieren. Üblicherweise werden solche Metallbeschichtungen durch herkömmliche Ionenplattierungsverfahren gebildet, wie sie beispielsweise in der veröffentlichten und ungeprüften japanischen Patentanmeldung Nr. 19840/1977 offenbart sind.

Jedoch haben die Überzüge, die durch die herkömmlichen Ionenplattierungsverfahren gebildet werden, den Nachteil, daß sie eine sehr geringe Haftfestigkeit besitzen und deshalb innerhalb kürzester Zeit während des Betriebs des Lagers sich abtrennen, so daß das Lager nur eine kurze Lebensdauer besitzt.

Im Hinblick auf diese Nachteile des Standes der Technik ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Lager mit niedriger Reibung

030029/0521

zu schaffen, das für einen längeren Zeitraum betrieben werden kann. Die Aufgabe wird dadurch gelöst, daß zumindest einige der Rollreibung unterworfenen Rollelemente mit wenigstens einer Metallzwichenschicht durch Ionenplattierung beschichtet sind, wobei die Metallzwichenschicht durch Ionenplattierung mit einer Außenschicht aus weichem Metall mit Schmiereigenschaften beschichtet ist, und die Festzustandslöslichkeit des Metalls in der Zwichenschicht in jedem ihm benachbarten Metall höher ist als die Festzustandslöslichkeit des weichen Metalls in dem Metall des rollenden Teiles.

Von den Metallteilen, die einer Rollreibung oder einer Gleitreibung unterworfen sind, sind zweckmäßig mindestens die Rollelemente jeweils mit einer Schicht aus weichem Material beschichtet, das schmierende Eigenschaften hat. Die weiche Metallschicht wird durch ein neuartiges Ionenplattierungsverfahren ausgebildet und besitzt eine hohe Haftstärke.

Jedes der Rollelemente ist zumindest mit einer Zwischenmetallschicht durch Ionenplattierung beschichtet, wobei diese Zwischenmetallschicht wiederum durch Ionenplattierung einen Überzug aus weichem Metall mit Schmiereigenschaften erhält. Die Festzustandslöslichkeit (solid solubility) des Metalls der Zwichenschicht in jedem dazu benachbarten Metall ist höher als es die Festzustandslöslichkeit des weichen Metalls in dem Grundmaterial des Rollelementes ist.

Bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung sind in den Unteransprüchen beschrieben.

Im folgenden wird die Erfindung unter Bezugnahme auf die beigefügten Figuren im Detail erklärt.

Fig. 1 ist ein Vertikalschnitt, der eine Ausführungsform der Erfindung zeigt;

Fig. 2 ist eine vergrößerte Schnittansicht, die ein Rollelement nach Fig. 1 zeigt; und

030029/0521

Fig. 3 und 4 sind teilweise gebrochene Vorderansichten und zeigen weitere Ausführungsformen der Erfindung.

In den Fig. 1 bis 4 sind die bevorzugten Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung dargestellt.

Fig. 1 zeigt eine Kugel 1, die als Rollelement dient, wobei eine zusammengesetzte Beschichtung 2 die Oberfläche der Kugel 1 bedeckt. Ein innerer Ring 3 liefert einen Laufring, ein äußerer Ring 4 bildet einen weiteren Laufring sowie einen Käfig 5 zur Festlegung der Kugel 1.

Wie schematisch in Fig. 2 dargestellt, umfaßt die zusammengesetzte Beschichtung 2 Metallschichten 21 und 22, die als mittlere Schichten über die Oberfläche der Kugel 1 durch Ionenplattierung aufgebracht sind, sowie eine oberste oder äußerste Schicht 23, die aus einem weichen Metall mit Schmiereigenschaften, also geringem Reibungskoeffizient hergestellt ist und über die Schicht 22 durch Ionenplattierung gelegt ist. Die Löslichkeit im festen Zustand des Metalls jeder mittleren Schicht in dem jeweils benachbarten Material ist höher als die Löslichkeit des weichen Materials in dem Metall der Kugel 1.

Wenn die oberste Schicht 23 beispielsweise aus Gold oder Silber hergestellt wird, die als weiche Metalle mit Schmiereigenschaften bekannt sind, wird die Kugel 1 gesäubert und dann mit Nickel ionenplattiert, anschließend mit Kupfer, um die Zwischenschichten 21 und 22 zu bilden und die Kupferschicht 22 wird daraufhin mit Gold oder Silber ionenplattiert, um die oberste Schicht zu bilden. Die Festzustandslöslichkeit von Nickel oder Kupfer der jeweiligen Zwischenschicht in den jeweils benachbarten Materialien ist höher als die Festzustandslöslichkeit von Gold oder Silber in dem Metallmaterial der Kugel 1.

Gold, Silber oder ähnliche weiche Metalle, die, wie allgemein bekannt Schmiereigenschaften bzw. geringe Reibungskoeffizienten haben, besitzen eine geringe Festzustandslöslichkeit in Eisenlegierungen, die für Lagerteile wie Roll- oder Wälzelemente,

030029/0521

Ringe und Käfige verwendet werden, wie es in Tabelle 1 aufgelistet ist, so daß selbst dann, wenn derartige Eisenlegierungsmaterialien direkt mit dem weichen Metall ionenplattiert werden, die dadurch erhaltene Schicht eine geringe Haftfestigkeit besitzt und deshalb innerhalb kürzester Zeit während des betriebsmäßigen Laufens des Lagers sich ablöst.

Die Festzustandslöslichkeit (solid solubility) von Metallen in anderen Metallen, wie in Tabelle 1 aufgelistet, ist entnommen, aus "Constitution of Binary Alloys" (1958) von Dr. phil. Max Hansen und ist in atomaren Prozentsen (at.%) ausgedrückt.

Tabelle 1

<u>Metallkombinationen</u>	<u>Löslichkeit (at.%)</u>
Silber in Eisen	0 - 0,52
Silber in Kupfer	0,06 - 4,9
Kupfer in Nickel	100
Nickel in Eisen	7 - 9
Gold in Eisen	1,3 - 1,5
Gold in Kupfer	20
Silber in Nickel	1
Gold in Nickel	2

Bei der Ionenplattierung unterliegen das Metallmaterial, das plattiert werden soll, sowie das Plattiermaterial direkter Reaktion zwischen den Atomen in einer inerten Gasatmosphäre, so daß die Haftstärke der Plattierungsschicht stärker von der Festzustandslöslichkeit des einen Metalls in dem anderen Metall abhängt, als das bei anderen Plattierungsverfahren der Fall ist. Weiterhin ist festzuhalten, daß Gold oder Silber, weiche Metalle mit Schmiereigenschaften, eine niedrige Festzustandslöslichkeit in Eisenlegierungen haben, die weithin verwendet werden als Materialien für Lagerteile. Im Hinblick auf diese Eigenschaften sieht die vorliegende Erfindung zumindest eine Zwischenmetallschicht zwischen den zu plattierenden Materialien vor, nämlich

030029/0521

zwischen dem Lagerteil und der obersten Plattierungsschicht aus einem Metall mit guten Schmiereigenschaften, das jedoch eine niedrigere Festzustandslöslichkeit in dem zu plattierenden Metall besitzt. Das Metall der Zwischenschicht hat eine Festzustandslöslichkeit in jedem benachbarten Material, die höher als die Festzustandslöslichkeit des plattierenden Materials in dem Grundmaterial ist, wodurch das Plattiermaterial mit dem Lagerteil mit verbesserter Festigkeit verbunden werden kann. Somit wird durch die vorliegende Erfindung zuverlässig und erfolgreich ein Lager mit niedriger Reibung und langer Lebensdauer geschaffen, das besonders vorteilhaft in speziellen Umgebungen wie beispielsweise Vakuum, Tieftemperaturen und Hochtemperaturen angewandt werden kann.

Tabelle 2 zeigt die Ergebnisse eines Experimentes, die unter Verwendung eines Lagers entsprechend der vorliegenden Erfindung, eines Lagers, das durch herkömmliche Ionenplattierungsverfahren beschichtet wurde und eines Lagers ohne Plattierungen ermittelt wurden, um die Lebensdauer der Lager zu testen.

Tabelle 2

<u>Testgegenstand</u>	<u>relative Lebensdauer</u>
erfindungsgemäßes Lager mit niedriger Reibung, bei dem die Rollemente alleine mit Nickel, dann mit Kupfer und danach mit Gold Ionenplattiert wurden	700
Lager mit niedriger Reibung, bei dem die Rollemente alleine direkt mit Gold durch herkömmliches Verfahren Ionenplattiert wurden	9
übliches unplattiertes Lager mit niedriger Reibung	1

Die Lagertypen, die für das Experiment verwendet wurden und die Testbedingungen waren folgende:

Lagertyp:	Kugellager Nr. 6000
Testbedingungen: Temperatur	Zimmertemperatur
Druck	$\leq 10^{-5}$ Torr
Umdrehungsgeschwindigkeit	200 Upm
Druckbelastung	48 kp

Tabelle 3 zeigt die Ergebnisse eines weiteren Experimentes, das unter der Verwendung des erfindungsgemäßen Lagers mit einem Käfig nach Fig. 1 und unter Verwendung des erfindungsgemäßen Lagers ohne Käfig nach Fig. 3 durchgeführt wurde, um die Lager auf ihre Lebensdauer zu testen.

Tabelle 3

Typ des Lagers nach der Erfindung

<u>Plattierung</u>	<u>Käfig</u>	<u>Lebensdauer</u>
Mit Rollementen, die nur mit Nickel, dann mit Kupfer, danach mit Gold plattiert wurden.	keiner	60
dto.	mit Käfig	120
mit Rollementen, die nur mit Nickel, dann mit Kupfer und danach mit Silber ionenplattiert wurden	keiner	200
dto.	mit Käfig	250

Der in dem Experiment verwendete Lagertyp und die Testbedingungen waren wie folgt:

Lagertyp:	Nr. 626
Testbedingungen: Temperatur	Zimmertemperatur
Druck	$\leq 10^{-5}$ Torr
Umdrehungsgeschwindigkeit	200 Upm
Belastung	15 kp

Die oben aufgegebenen Ergebnisse zeigen, daß die erfindungsgemäßen Lager mit niedriger Reibung eine bedeutend längere Lebensdauer als die Lager mit Rollelementen haben, die mit Gold oder Silber durch herkömmliche Ionenplattierungsverfahren beschichtet sind. Bei Lagern, die mit herkömmlichen Ionenplattierungsverfahren beschichtet sind, ist es bekannt, daß der Käfig zur Festlegung der Rollelemente dazu beiträgt, daß die Beschichtung während des Lagerlaufs sich abnutzt und abtrennt, was als Ergebnis hat, daß Lager mit niedriger Reibung, die keinen Käfig aufweisen, eine längere Lebensdauer als die Lager mit Käfig besitzen, wohingegen das in Tabelle 3 angegebene Testergebnis zeigt, daß die erfindungsgemäßen Lager mit niedriger Reibung mit Käfig eine verhältnismäßig längere Lebensdauer als die ohne Käfig besitzen, was im Hinblick auf die bisherige gegenteilige Auffassung der Fachwelt überraschend ist. Der Grund dafür dürfte in dem Hauptmerkmal der Erfindung zu suchen sein, daß die Schicht mit dem schmierenden weichen Material, d.h. Gold oder Silber, mit hoher Festigkeit an die doppelte Zwischenschicht 21 oder 22 aus Nickel oder Kupfer gebunden ist, die in der Oberfläche des Rollelementes ausgebildet ist, so daß das Metall der Zwischenschicht eine hohe Festzustandslöslichkeit in dem Metall jeder benachbarten Schicht besitzt.

Wie bereits beschrieben, ist es ein wesentliches Merkmal des erfindungsgemäßen Lagers mit niedriger Reibung, daß zumindest die Rollelemente mit einer zusammengesetzten Beschichtung 2 auf ihrer Oberfläche versehen sind, da die effektive Berührungsfläche mit den niedrigen Reibungskoeffizienten dadurch viel größer ist, als wenn die zusammengesetzte Beschichtung 2 auf dem Laufring oder in dem Käfig ausgebildet würde, und es wird ein stark verbesserter Schmierwirkungsgrad erreicht. Außerdem ist die Beschichtung leichter auszubilden. Insbesondere, wenn die Rollelemente, wie oben beschrieben, Kugeln sind, ändert sich der Teil der Kugel, der in Berührung mit den Laufringen steht, während des Laufs des Lagers aufgrund der Spinbewegung

der Kugeln. Dies ermöglicht es, daß die gesamte Fläche der Kugel als effektive Kontaktfläche dient, was zu sehr geringen Reibungskoeffizienten beiträgt.

Jedoch ist der Teil, der mit der zusammengesetzten Beschichtung 2 ausgebildet wird, nicht auf die Rollenelemente 1 begrenzt, vielmehr können solche zusammengesetzten Beschichtungen gleichermaßen auf den inneren und äußeren Laufringen 3 und 4 vorgesehen werden. Tabelle 4 zeigt die Ergebnisse eines weiteren Experiments, bei dem ein derart beschichtetes Lager auf seine Verwendbarkeit im Vergleich mit anderen Lagern getestet wurde.

Tabelle 4

<u>Testgegenstand</u>	<u>relative Lebensdauer</u>
erfindungsgemäßes Lager mit niedriger Reibung, bei dem die Rollelemente mit Nickel, dann mit Kupfer, danach mit Silber beschichtet wurden	19
erfindungsgemäßes Lager mit niedriger Reibung, wobei die Rollelemente und Innen- und Außenringe mit Nickel, dann mit Kupfer, danach mit Silber beschichtet wurden	18
nichtplattiertes herkömmliches Lager mit niedriger Reibung	1

Lagertypen und Testbedingungen waren folgende:

Lagertyp:	Kugellager Nr. 727
Testbedingungen: Temperatur	Zimmertemperatur
Druck	$\leq 10^{-5}$ Torr
Umdrehungsgeschwindigkeit	100 Upm
Druckbelastung	6 kp
Radialbelastung	4,6 kp

Die Testergebnisse, die in Tabelle 4 aufgeführt sind, zeigen an, daß das Kugellager, in dem der innere und der äußere Laufring

030029/0521

ebenso wie die Kugeln mit einer Silberschicht beschichtet sind, in etwa die gleiche lange Lebensdauer wie ein Lager besitzt, bei dem nur die Rollelemente alleine beschichtet sind.

Obwohl die Rollelemente 1 jeder oben beschriebenen Ausführungsform zum Aufnehmen der Lagerbelastung mit Zwischenschichten 21 und 22 aus Nickel und Kupfer und einer oberen Gold oder Silberschicht 23, die die Schicht 22 bedeckt, ausgebildet sind, kann jede zweite Kugel 1 bei Lagern ohne Käfig, beispielsweise Kugellagern, mit der Beschichtung 2 versehen werden, wie es aus Fig. 4 zu entnehmen ist. Tabelle 5 zeigt, daß Lager, die so beschichtet sind, eine längere Lebensdauer als diejenigen haben, bei der alle Kugeln 1 die Beschichtung 2 aufweisen.

In diesem Falle sind die Kugeln 1, die die Beschichtung 2 haben, durchmessermäßig größer als die unbeschichteten Kugeln 1, und zwar um den Betrag, der der Stärke der Beschichtung 2 entspricht. Die beschichteten Kugeln 1 tragen die Lagerbelastung, während die unbeschichteten Kugeln als Abstandshalter dienen.

Tabelle 5

<u>Testgegenstand</u>	<u>relative Lebensdauer</u>
alle Kugeln ionenplattiert mit Nickel, dann mit Kupfer, danach mit Silber (Kugellager Nr. 626)	5
jede zweite Kugel ionenplattiert mit Nickel, dann mit Kupfer, danach mit Silber (Kugellager Nr. 626)	12
Testbedingungen: Temperatur	Zimmertemperatur
Druck	$\leq 10^{-5}$ Torr
Umdrehungsgeschwindigkeit	3.200 Upm
Druckbelastung	15 kp

Obwohl die oben beschriebenen Ausführungsformen Kugellager sind, ist die Erfindung auch sinnvoll anzuwenden bei anderen Lagern

030029/0521

niedriger Reibung, beispielsweise Walzenlagern, Kugellagern und sphärischen Lagern.

Entsprechend der oben beschriebenen Erfindung ist somit ein Kugellager mit niedriger Reibung geschaffen, bei dem von den Metallkomponenten, die der Rollreibung oder der Gleitreibung unterworfen sind, zumindest jedes zweite Rollelement 1 mit Nickel und dann mit Kupfer ionenplattiert ist, um eine Nickel- und Kupfer-Zwischenschicht 21 und 22 zu bilden, und weiterhin ionenbeschichtet ist mit Gold oder Silber, um eine obere Schicht 23 über der Kupferschicht 22 zu bilden. Die Festzustandslöslichkeit des Metalls jeder Zwischen-schicht in dem jeweils benachbarten Metall ist höher als die Festzustandslöslichkeit von Gold oder Silber in dem Metallmaterial des Rollelementes 1. Als Ergebnis ist die Gold- oder Silberschicht 23 auf das Rollelement 1 mit einer hohen Haftfestigkeit aufgezogen. Die Nickel- und die Kupferschichten 21 und 22 liegen dazwischen, so daß die Gold- oder Silberschicht 23 an dem Rollelement 1 über einen längeren Zeitraum trotz der Rotation des Lagers gehalten wird. Dies führt zu einer erheblich verlängerten Lebensdauer des Lagers.

Bislang war man der Meinung, daß der Käfig dazu führt, die Trennung der Beschichtung von dem Rollelement zu unterstützen, jedoch zeigt der Käfig, wenn er mit dem erfindungsgemäßen Lager mit niedriger Reibung verwendet wird, keine nachteiligen Einflüsse auf die Gold- oder Silberschicht 23. Er kann vielmehr seine ihm zugeordnete Funktion voll erfüllen, wodurch es nicht notwendig ist, eine Rille für die Kugeln auszubilden, wodurch die Anzahl von Zusammenbausritten bei der Herstellung verringert wird.

Obwohl Nickel und Kupfer für die Zwischenschichten 21 und 22 verwendet werden, um die Rollelemente 1 unter Verwendung von Gold und Silber als Schmierweichmetalle für die oberste Schicht entsprechend den vorangegangenen Ausführungsformen zu verwenden, sind die Metalle für die Zwischenschicht und das Leitmetall nicht auf diese Beispiele beschränkt. In der obengenannten und

030029/0521

beschriebenen Erfindung wurden Zwischenschichten aus Nickel und aus Kupfer beschrieben. Das Rollelement 1 kann jedoch mit einer einzigen Zwischenschicht ionenplattiert werden, beispielsweise mit Nickel und daraufhin dann mit Gold oder Silber. Die Gold- oder Silberschicht kann mit einer höheren Haftfestigkeit als bislang angebracht werden.

-14-
Leerseite

FIG.1

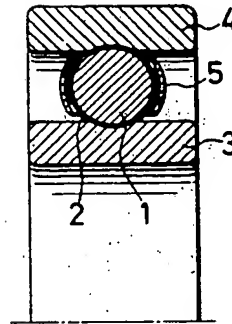


FIG.2

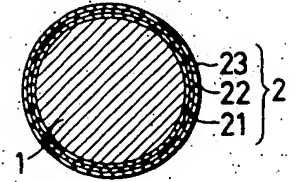


FIG.3

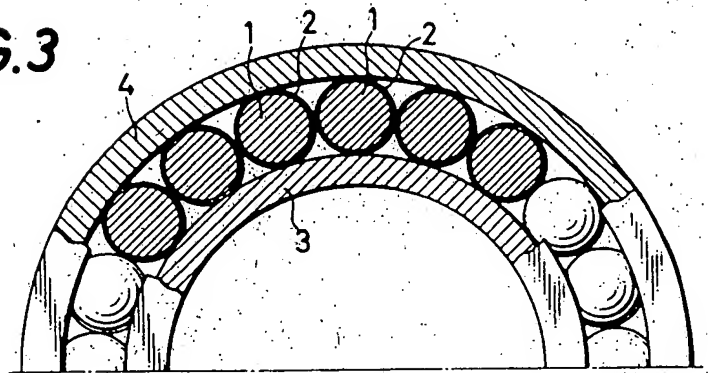
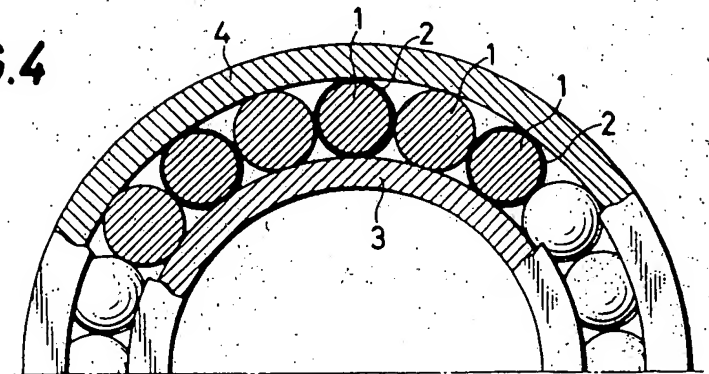


FIG.4



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☒ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☒ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.